

灌浆法的正用 与新规范构想

张景秀 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

灌浆法的正用 与 新规范构想

张景秀 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

灌浆法的正用与新规范构想/张景秀著. —北京: 中国水利水电出版社, 2006

ISBN 7-5084-3809-4

I. 灌... II. 张... III. 水工建筑物—灌浆—施工技术 IV. TV543

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 052097 号

书 名	灌浆法的正用与新规范构想
作 者	张景秀 著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010)63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 32 开本 8.375 印张 189 千字
版 次	2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	25.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

内 容 提 要

本书分上、下两篇。上篇“灌浆技术的合理运用”共7章，概述了灌浆法的产生与发展历史和在现代建筑工程上的应用；分析并论述了在覆盖层和岩石地层中不同的灌浆机理、特点与应掌握的方法和相关标准；阐述了堵漏方案的选定原则、坝基排水的重要性以及一个好的灌浆规范应具有的内容等。下篇“对编制水工灌浆新规范的构想”共10章，是作者为今后修编灌浆规范所设计的一种具体模式。虽然它目前还只是“构想”，但因包含有较正确的科学理论作指导思想，而且内容齐全、要求标准合理、规定做法适当，从而可为当前及今后坝工的勘测、设计、施工、监理、管理以及科研、教学等作必要的参考。

本书编写依据的《规范》是：SL62—94 和 DL/T5148—21《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》。

前 言

虽然我已退休多年，但总也不能与所终生从事的业务工作完全脱开，还不时地应邀去商讨一些事情，协助解决一些问题。涉猎越多，感受愈深，越觉得在对灌浆技术的运用上存在着颇多的问题，从应用意图，到设计理论，再到施工方法等各个方面都有。随着我国水工建设事业的更大发展——项目越来越多，规模越来越大，这方面出现的问题也愈趋严重，所产生的不良影响更为凸显。

为使坝的防渗问题既能得到彻底解决，又不过多地耗费国家资财，针对当前存在的问题，作者明确提出了如下的观点和主张：

(1) 做帷幕灌浆和防渗墙的根本目的，在于减小漏水量，将水拦蓄在水库里，实现对水资源的充分利用。而不是依靠它来保护坝的稳定与安全，因为它不具有这方面的功能。因此，只有当地层中具有较多较大的可漏水通道、会导致超量漏水时，才有必要采取此种措施——帷幕灌浆。

(2) 在岩石中，只有当透水率平均大于 3Lu 且有 20% 以上的孔段大于 10Lu 时，才有必要考虑全面进行帷幕灌浆，否则便可基本不做。如果是因个别孔段导致平均透水率很大，只需在这些局部地段灌浆，而没有必要在全线灌浆，做成所谓“连续帷幕”。

(3) 帷幕灌浆要求达到的致密程度，可用压水试验透水

率和灌浆材料注入量两项指标或其中之一来控制，如下表所示。

坝高 (m)	入岩深度 (m)	透水率标准 (Lu)	注入量标准 (kg/m)
≤100	0~10	3~5	≤20
	10 以下	5~10	≤25
>100	0~10	1~3	≤15
	10 以下	3~5	≤20

(4) 无论做不做帷幕灌浆，用怎样的灌浆孔布置、什么样的材料和方法进行灌浆，只要地层中的空隙已被致密到了第(3)条所列标准，一般都不会再发生超量漏水和渗透稳定问题，除非存在有十分特殊的、不可预料的地质问题。在进行帷幕设计时，无需考虑帷幕的强度与厚度，无需刻意把地层中的“软弱”物质一定要改变成“硬的”类石体。

(5) 帷幕灌浆的深度，在一般岩石中，达到不小于 0.5 倍坝高即可；在透水性很大的岩溶区、断层带、破碎带，应不小于 1 倍坝高。都可按“悬挂式”帷幕设计，不必追求“全封闭”。帷幕向两岸的延伸距离亦可照此原则办理，可比坝下深度增加 1 倍。

(6) 在深厚覆盖层中做防渗墙和帷幕灌浆的总深度，一般都可以 50~60m 为限，最多不宜超过 80m。亦可做成“悬挂式”，无需追求“全封闭”。

(7) 帷幕灌浆孔的数量与布置，应本着能用最少的钻孔达到要求的致密标准为原则进行控制，不能不分地层好坏，到处都用一种模式在事前就一次敲定，或只能增加不能减

少。必须在施工过程中随时调整。

(8) 粘土、粉煤灰、高炉矿渣、各种适宜粒径的土、砂、石等在帷幕灌浆中不仅能用，而且是最好的材料，只要能在适宜的压力下被灌入到地层空隙一定距离、最终能使地层致密到要求的程度，都可以大胆放心地采用，勿需担心“稳定”问题。这些材料原本都是天然的地质材料，把它送回到原来的位置，既不会遭受化学侵蚀，也不会有“排异反应”，可永久停在那里。帷幕的长期稳定性，是靠本身的密实性（不再会发生大股渗流），靠围限岩体的支撑，靠蓄水携带物在地下和地表的淤积，而不是靠灌注结石的强度和厚度。水泥固然也是一种适用很广、很好的灌浆材料，但是，都一律规定全部使用水泥或以水泥为主，并且要用特别加工磨细的高标号水泥，是不适当的。这不仅会导致灌浆造价的提高，而且无助于提高帷幕的质量。它有被酸性水和淡水溶出侵蚀之虞，它的长期有效性令人担忧。

(9) 作者也主张帷幕灌浆应使用较高的压力，但不赞成动辄就使用 4MPa、5MPa 甚至更高的压力。采用高压灌浆，是为尽量扩大充填范围，达节约之目的；而不是要把“软的”变成“硬的”。在地层能承受的前提下，灌浆压力一般采用 1~2MPa，最大采用 3MPa 就足够了，再大不仅没有必要，而且会造成损失。

(10) 灌浆施工完全可以采用较现行规范规定大为简化、快捷的方法进行，而不会对灌浆效果造成任何不利影响。

作者在书中阐述的这些观点和主张，其实有许多并不新鲜。在由外国人做的工程、技术咨询、文献中能经常见到。只是在目前的我国还有不少人感到新奇。或觉虽无不可，却

不敢带头实行。因为多年来他们所奉行的一条原则和习惯，是确保安全（首先是个人安全）。在还没有工程实行过的情况下，没有人敢越雷池半步。

说到底，在我国还是那条老的规律在起作用，即：如果不是由外国人首先提出来，由中国人自己先提出的东西再好，也不能被立即采用。试看，面板坝、碾压混凝土等筑坝技术的大量实行，哪一样不是由外国人先开始采用，然后我们再跟在后面照着样子学呢？难道中国人就天生如此笨拙，做不出敢为天下先的事情吗？

作者特别感谢中国水利水电出版社。经过审查，他们发现本书包含有很好的内容，决定给予出版。发表这种可能会引起争议和非议的著作，不仅需要敏锐的目光，而且也是需要有点勇气的。还要感谢中国水利水电基础工程局有限公司的各位领导和局技术信息中心的各位同仁，他们为本书的撰写、编排，在精神上给予了鼓励，在物资上给予了慷慨支援。

这里还要先向一直从事灌浆工作并对这项技术的发展作出过很大贡献的专家们致歉和致意。作者不避才疏学浅，在如此重要的问题上竟敢指指点点，说三道四，向当代权威们“挑战”，绝不是出于一时意气，而是为使这项技术更快更好地发展。是思索已久、感触日深，不得已而为之。尽管在书中对观点的阐述在用语上作过仔细推敲，给予充分注意，但是难免会对某些人的权威地位造成伤害。对此除望各位尊敬的专家们多多海涵以外，还望给予批评指正。也十分渴望广大同行们参加讨论，多给指教。

张景秀

2006年5月于北京

目 录

前言

上篇 灌浆技术的合理运用

第一章 灌浆技术的产生与发展	3
1.1 灌浆技术在修理损坏的建筑物中产生	3
1.2 灌浆技术在隧道施工中的早期应用	8
1.3 灌浆技术在矿井建设中的早期应用	9
1.4 灌浆技术在坝工建设中的早期应用	11
1.5 灌浆技术处理冲积层	13
第二章 灌浆技术在现代建筑工程中的应用	17
2.1 灌浆技术在水利水电工程中的应用	17
2.2 灌浆技术在其他工程中的应用	27
第三章 覆盖层——散粒状地层灌浆的特点与理念	29
3.1 覆盖层的工程性质与结构特点	29
3.2 覆盖层中的空隙特征及对灌浆效果的影响	31
3.3 覆盖层灌浆的适宜材料	33
3.4 覆盖层灌浆的适宜压力	34
3.5 覆盖层灌浆的适宜方法	35
3.6 覆盖层灌浆的适宜标准	38
3.7 覆盖层防渗问题工程实例研究与讨论	44
第四章 岩石地层灌浆的特点与理念	53

4.1	岩石中的空隙类型与特征	53
4.2	岩石灌浆中的物理学	57
4.3	各类空隙灌浆的特点	61
4.4	不同岩类和岩性灌浆的特点	63
4.5	岩石灌浆的适宜材料	67
4.6	岩石灌浆的适宜压力	68
4.7	岩石灌浆的适宜方法	72
4.8	岩石灌浆的适宜标准	78
第五章	堵漏方案的选择	87
5.1	坝基防渗的两种涵义	87
5.2	各种堵漏措施的特点、优势与劣势	87
5.3	选择堵漏方案时应遵循的原则	92
5.4	影响合理选择的社会与人为因素	94
第六章	坝基防渗必须配合排水	97
6.1	坝基排水的极端重要性	97
6.2	坝基防渗追求的目的和目标	99
6.3	覆盖层地基的排水型式与方法措施	101
6.4	岩石地基的排水型式与方法措施	103
第七章	运用好灌浆技术必须建立好规范	113
7.1	建立规范的目的意义与原则	113
7.2	我国灌浆规范的现状与存在的问题	115
7.3	需要有个什么样的灌浆规范	123
下篇 对编制水工灌浆新规范的构想		
第一章	总则	129
1.1	渗流控制的目的与措施	129

1.2	堵漏方案的选定原则	130
1.3	灌浆理由与控制标准	132
1.4	灌浆材料的选定原则	134
1.5	灌浆压力的选定原则	135
第二章	灌浆前的地质勘探及有关试验	137
2.1	地质勘探的重要性与勘探范围	137
2.2	地质勘探的内容与步骤	138
2.3	地质勘探的手段	140
2.4	地下水调查	143
2.5	岩溶通道调查	144
2.6	透水性试验	145
2.7	灌浆试验	149
第三章	坝基的固结灌浆	151
3.1	混凝土坝(含砌石坝)的坝基固结灌浆	151
3.2	土石坝的坝基固结灌浆	162
3.3	挽救性的固结灌浆	163
第四章	坝的岩石地基帷幕灌浆	167
4.1	帷幕灌浆的根本任务和目的	167
4.2	帷幕灌浆的标准	168
4.3	帷幕灌浆的范围	169
4.4	帷幕灌浆的轴线位置	170
4.5	帷幕灌浆孔的排数	171
4.6	帷幕灌浆孔的孔距	172
4.7	帷幕灌浆孔的钻孔方向	173
4.8	帷幕灌浆施工过程中的设计修改	173
4.9	帷幕灌浆用的材料与浆液	174

4.10	帷幕灌浆用的压力	175
4.11	帷幕灌浆的施工顺序	176
4.12	帷幕灌浆的分段长度和分段方法	177
4.13	帷幕灌浆孔的钻设、冲洗和压水试验	178
4.14	帷幕灌浆的灌注方式与方法	179
4.15	帷幕灌浆中的施工控制	182
4.16	帷幕灌浆孔的封填	182
4.17	帷幕灌浆的效果质量及其合格标准的分析检查 与评定	182
第五章	坝的覆盖层地基帷幕灌浆	187
5.1	覆盖层帷幕灌浆的任务和目的	187
5.2	覆盖层帷幕灌浆的标准	187
5.3	覆盖层帷幕灌浆孔的布置	188
5.4	覆盖层帷幕灌浆用的材料与浆液	189
5.5	覆盖层帷幕灌浆用的压力	192
5.6	覆盖层帷幕灌浆的造孔与灌注方法	194
5.7	覆盖层帷幕灌浆的效果质量及其合格标准的分析 检查与评定	197
第六章	施工围堰的防渗灌浆	199
6.1	围堰防渗的特点与目的要求	199
6.2	围堰灌浆的方法措施	200
第七章	坝和混凝土缺陷的处理灌浆	202
7.1	漏水砌石坝的止漏和补强灌浆	202
7.2	漏水土坝的处理灌浆	204
7.3	漏水坝基的处理灌浆	207
7.4	混凝土缺陷的补强灌浆	208

7.5	锚杆和锚索的锚固灌浆	210
第八章	地下洞室的各种灌浆	212
8.1	开挖衬砌前的预灌浆	212
8.2	衬砌后的回填灌浆	216
8.3	洞室围岩的固结灌浆	220
8.4	混凝土与钢衬间的填缝灌浆	223
第九章	混凝土坝的接缝灌浆	225
9.1	一般规定	225
9.2	接缝灌浆系统的布置型式	227
9.3	接缝灌浆系统的施工管理	229
9.4	接缝灌浆前的测试检查及问题处理	231
9.5	接缝灌浆的材料、压力与操作	233
9.6	接缝灌浆的质量标准及分析检查办法	235
第十章	灌浆工程的施工管理	237
10.1	灌浆工程的施工质量控制办法	237
10.2	灌浆工程的预算和结算办法	241
10.3	灌浆工程应作的记录、成果图表与竣工 报告	244
结语		251

上

册

灌 浆 技 术 的 合 理 运 用

灌浆法的正用与
新规范构想



人类为生存和生活得更好，在与大自然的长期斗争中了解到，在地壳的表层，无论是相对松软的土、砂、碎石层，还是较坚硬的岩石层里，都还有大量的空隙存在。这些空隙导致地层承载能力降低和水能从中通过，从而给建筑物的形成和安全运用都会带来不利影响。有鉴于此，有时需将一定范围内的此种空隙充填、弥合起来。灌浆技术就是专门用来承担此项任务的一种技术手段。

1.1 灌浆技术在修理损坏的建筑物中产生

据记载，灌浆技术是由法国的年轻工程师理查士·贝利尼（Charles Berigny）在 1802 年承担已被损坏的第厄普（Dieppe）冲刷闸的修补工作中首先采用和发明的。这座大型冲刷闸于 1775~1779 年建造，运行了 8 年之后，到 1787 年水闸因基底土壤发生管涌而遭破坏。随着土壤的逐步流失，损害愈趋严重，口岸淤积，使水闸失去了作用；在其后 7 年时间里，只能驶入很小的渔船。被委派做这项修理工作的贝利尼当时才 30 岁。根据他的计划先在建筑物的上游和下游各挖一条 5m 深的沟槽，再用粘土回填起来。当刚做完半个木制围堰时，就发现在地基下面有不小的渗水，而且经

两次大潮之后愈趋严重。迫使他不得不考虑另找解决问题的办法。终于，他想出用灌注粘土浆的办法来填塞产生流水的空洞。他的第一次尝试是用静水头进行灌注，因压力太小，灌不进更多的粘土浆没有成功。后来他发明了“冲击泵”（Pompe Percussion）能在压力下灌入较多的粘土。该装置由一个内径为 8cm 的木唧筒和木活塞构成，在一端有一个直径为 3cm 的金属管喷头。使用时唧筒里装满粘土浆，用重锤追击木活塞，将粘土浆挤压进去。他每隔 1m 作一钻孔，将唧筒放入各个孔中并压入粘土浆，直至从邻近的孔中冒出浆时为止。然后将唧筒移去，用木塞将孔口封闭。这一程序一排孔挨一排孔地进行，直至全部孔做完。压浆工作进行得相当顺利，只发生过基台——“浮筏”上抬的问题，虽然这种基台浮筏木料被钉得很紧，但由于粘土浆的挤压还是能把它顶起。

贝利尼的这次初次尝试制止住了渗漏，是相当成功的。接着，贝利尼把他的注意力转移到新修建的一座水闸上。这里遇到了更复杂困难的问题，因为闸的石料建筑物的厚度只有 1.6m，地基所承受的荷载比前者大得多。因此，他决定灌入灰浆以代替胶质粘土，以增加地基的承载力。因为他确信这不但可以堵塞砂砾石中渗水的道路，而且能获得较大的“硬度”，可以承受更大的重量。他并且认为，在灌入灰浆以前必须把地基下面空洞里的软泥排除掉，他用“抽吸”方法进行这项工作，首先在石造建筑物上钻了一个直径较大的孔，从孔中放入一根端头捆有麻屑的棍棒，将其上下搅动，从而使泥与水混合起来，然后用“抽吸”法将其除去。在此建筑物中，他共灌入 55m^3 灰浆，用的不是唧筒，而是把硬质石料中的钻孔本身作为唧筒，从其中压浆。先往孔里灌满